

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-260699

(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 10-062630

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 13.03.1998

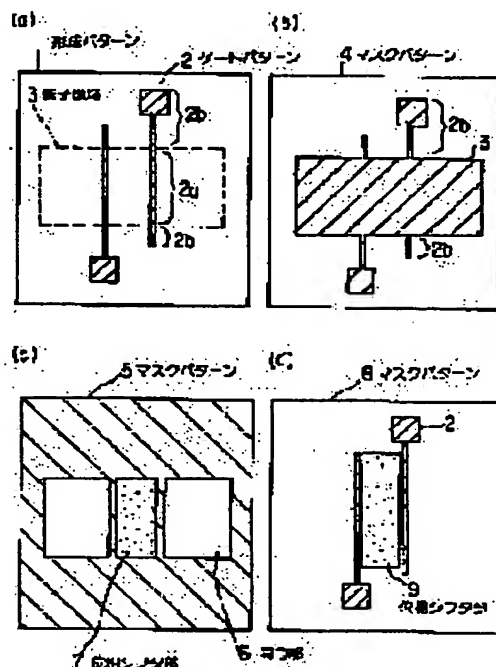
(72)Inventor : KIYOU SUIGEN

(54) PATTERN FORMING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable an alignment with good contrast, without being misaligned by only existing pattern data.

SOLUTION: In this method, a gate pattern 2 is transferred to a positive type resist by an alignment at a plurality of times to form a pattern. In this case, there a mask pattern 4 is generated in which a formation region of an element region 3 and the gate pattern 2 is a light-shielding part, and a mask pattern 5 in which a region where a formation region of the gate pattern 2 is subtracted from the element region 3 is light-transmitting part, and the photomasks having these mask patterns 4, 5 are overlaid on each other under optimum exposure conditions to be exposed to lights, so as to form a resist pattern.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3607496

[Date of registration]

15.10.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-260699

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁸

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

5 0 2 C

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平10-62630

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月13日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 姜 帥現

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

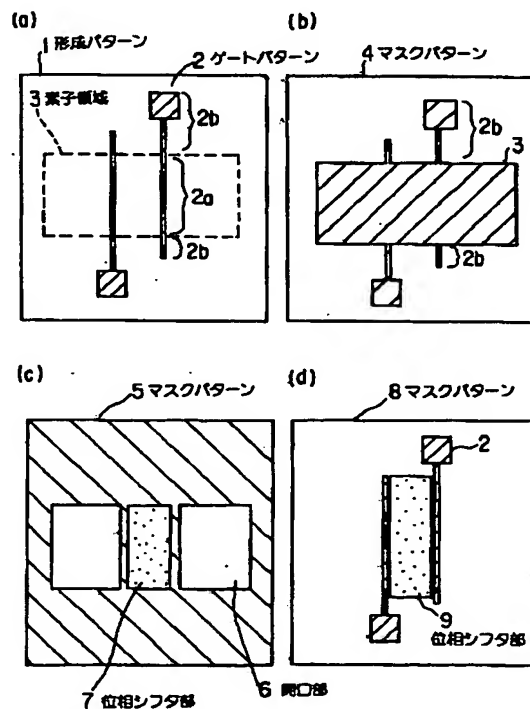
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 パターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】 既存のパターンデータのみでコントラストの良い露光を合わせずれなく行うことを可能とする。

【解決手段】 複数回の露光によりポジ型のレジストにゲートパターン2の転写を行うパターン形成方法において、素子領域3及びゲートパターン2の形成領域を遮光部とするマスクパターン4と、素子領域3からゲートパターン2の形成領域をひいた領域を透光部とするマスクパターン5とを発生し、これらマスクパターン4、5を有するフォトリソマスクをそれぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数回の露光によりポジ型のレジストにパターンの転写を行うパターン形成方法において、露光すべきパターンレベルをそれ以外のパターンレベルとの論理演算をとることにより分割し、該分割された複数のパターンレベルを有する複数のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 2】 複数回の露光によりポジ型のレジストにゲートパターンの転写を行うパターン形成方法において、素子領域及び前記ゲートパターンの形成領域を遮光部とするパターンを有する第 1 のフォトマスクと、前記素子領域から前記ゲートパターンの形成領域をひいた領域を透光部とするパターンを有する第 2 のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 3】 複数回の露光によりポジ型のレジストにパターンの転写を行うパターン形成方法において、露光すべき領域をパターンピッチの大きい第 1 の領域と該第 1 の領域よりもパターンピッチの小さい第 2 の領域とに分割し、前記第 2 の領域及び前記パターンを遮光部とするパターンを有する第 1 のフォトマスクと、前記第 1 の領域及び前記パターンの形成領域を遮光部とするパターンを有する第 2 のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光することでレジストパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

【請求項 4】 前記パターンは配線パターンであり、前記第 2 の領域はメモリセル形成領域であることを特徴とする請求項 3 記載のパターン形成方法。

【請求項 5】 前記第 1 又は第 2 のフォトマスクのマスクパターンに不要パターンの形成を防止する適正バイアス値を加えることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載のパターン形成方法。

【請求項 6】 前記第 2 のフォトマスクを用いたパターン転写で、該第 2 のフォトマスクの少なくとも一部に位相シフトを用いることを特徴とする請求項 2 又は 3 記載のパターン形成方法。

【請求項 7】 複数回の露光によりポジ型のレジストにゲートパターンの転写を行うパターン形成方法において、素子領域及び前記ゲートパターンの形成領域を遮光部とするパターンを有する第 1 のフォトマスクと、前記素子領域を透光部とし、該透光部のうち、前記ゲートパターンの中心線を挟んで該パターンを透過する光の位相を反転させたパターンを有する第 2 のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成することを特徴とするパターン形成

方法。

【請求項 8】 複数回の露光によりポジ型のレジストにラインパターンの転写を行うパターン形成方法において、

露光すべき領域をパターンピッチの大きい第 1 の領域と該第 1 の領域よりもパターンピッチの小さい第 2 の領域とに分割し、前記第 2 の領域及び前記ラインパターンを遮光部とするパターンを有する第 1 のフォトマスクと、前記第 1 の領域を透光部とし、該透光部のうち、前記ラインパターンの中心線を挟んで該パターンを透過する光の位相を反転させたパターンを有する第 2 のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光することでレジストパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はフォトマスクを用いたパターン形成方法に関わり、パターンを微細かつ高精度に形成するために使用されるものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の製造工程における光リソグラフィは、そのプロセス簡易性、低コスト等の利点によりデバイス生産に用いられている。光リソグラフィにおいては常に技術革新が続けられており、その発展はめざましく、近年では光源の短波長化により 0.25 μm 以下の素子の微細化が達成されつつある。今後のさらなる微細化のためには、より微細なレジストパターンの形成が必要となる。

【0003】かかる半導体素子の動作性能を決定するトランジスタのゲートパターンを形成するには、被処理基板上に塗布されたレジストにパターン露光により描画し、このレジストをマスクとしてエッチングする。このようなレジストパターンの形成に際し、種々のフォトマスクが使用されている。

【0004】まず、Cr フォトマスクを用いてゲートパターンを形成する場合のマスクパターンの一例を図 6 に示す。図 6 において、マスクパターン 61 のうち、斜線部分で示すゲートパターン 2 が遮光部、それ以外の領域が透光部を示し、ポジ型のレジストにパターンを形成する場合に用いられるものである。このマスクパターン 61 を用いたパターン形成方法によりさらに微細な線幅を形成するためには、ゲートパターン 2 の線幅を細くしていく必要があるが、線幅が露光波長の 2/3 以下になると最暗部の光強度が増加してパターンのコントラストが劣化するため、ゲートパターン 2 の形成自体が困難となる。

【0005】この困難を解決する露光解像度向上手法として、図 7 に示すマスクパターン 71 が用いられる。図 7 は、光位相反転型のフォトマスクが用いられているマスクパターンの一例を示す図である。図 6 に示すゲート

パターン2をさらに高解像度で形成するために、位相反転型フォトマスクでは目的するゲートパターン2部分を境界にして位相を180°反転させる位相シフト72を用いる。従って、形成すべき線幅が細くなっても最暗部の光強度は増加せず、光コントラストは劣化しない。用いられるレジストはポジ型であり、光透過領域においてレジストが可溶化する。従って、遮光部が不溶化層となる。

【0006】ここで、光透過領域、すなわちゲートパターン2を除く領域を開口部とすると、このマスクパターン71において開口部は閉じていない構造となる。位相シフト72は光透過領域におけるパターン形成部分を境界として位相を反転させるものであるため、遮光部が開口部を囲むパターンであれば問題ない。これに対して、遮光部が開口部を囲まないパターンである場合、すなわち位相を反転した開口部が遮光部と接することがなく、位相を反転させない通常の透光領域との境界（以下シフトエッジと称する）においても位相が反転する部分ができる。このシフトエッジにおける位相の反転部分では光強度が0となるため、この境界部分において不必要なパターンが形成されることとなる。

【0007】この不必要なパターンが形成されるのを回避すべく、以下のようなパターン形成方法が提案されている。所望する遮光パターンの両側、すなわちパターンを形成させる必要のある部分でのみ位相を180°反転させ、パターンを形成させる必要のないシフトエッジ部分では位相を階段状に、または徐々に変化させることで光強度が0になるのを防ぎ、不要なパターンを形成しないようにする方法である。

【0008】この方式では不必要なパターンの位相反転部で位相を徐々に変化させるため、対応するフォトマスクの位相反転部分で位相シフトを階段状に形成するかテーパ状に形成する必要があるが、階段状に形成するためには複数回のエッチングが必要となり、またテーパ状のフォトマスクを製作するためには特殊なプロセスが必要となり、フォトマスクの製作が複雑かつ困難になる。

【0009】またこの方法による位相反転型フォトマスクでは、シフトエッジ部分で徐々に位相を変化させる必要があるため、広い領域をこの位相変化のための階段状、あるいはテーパ状の領域に割り当てる必要がある。この場合、シフトエッジ同士が近接すると矛盾が生じ、徐々に位相を変化させる領域を完全に形成することができない。このように従来のパターンデータをそのまま位相反転型マスクに適用できず、シフトエッジ間の距離を離す必要があるためマスクパターン設計に制約が加わり、高集積化に適さない。

【0010】また、この位相反転型フォトマスクにおいてシフトパターンを自動的に発生させるためには複雑なアルゴリズムを必要とし、膨大な計算時間を必要とする。すなわち、新規にデータを追加する必要がある、どの傾

域に位相シフト72を割り当てるかを演算するのは複雑であり困難である。このように位相を徐々に変化させる方法は、汎用性および経済性に欠ける。

【0011】位相反転型フォトマスクを用いてシフトエッジなどの不要なパターンを転写しないもう一つの方法としてフォトマスクを2枚に分ける方法が提案されている。図8にこの方法に用いられる2枚のフォトマスクのマスクパターンの一例を示す。

【0012】図8に示すように、フォトマスクを位相反転型のフォトマスク（図8（a））とそれによって形成されるシフトエッジを消去するための通常のフォトマスク（図8（b））に分割し、一レベルの露光に2枚のフォトマスクを使用し、2回の露光によりパターンを形成する。すなわち、まず図8（a）に示すように、上記図7に示した1枚の位相反転型フォトマスクと同様にゲートパターン2と位相シフト82を有するマスクパターン81の位相反転型フォトマスクにより露光を行う。

【0013】この露光により形成されるレジストパターンはシフトエッジが形成されるため、このシフトエッジを消去すべく、図8（b）に示すように、上記図6に示す通常のフォトマスクと同じゲートパターン2を有するマスクパターン83のフォトマスクを用いて露光を行う。この2枚目のフォトマスクでは、光透過領域で位相が反転する部分はないため図8（a）を用いたパターン形成におけるシフトエッジ部分に露光光が当たり、不要パターンが消去される。

【0014】この方法は1枚の位相反転型フォトマスクを用いた方法と比較して、シフトエッジの不要パターンの消去を2枚目のフォトマスクに分担させて行うため、特に位相反転型フォトマスクを使用することを前提とした設計を必要としない。また位相シフト82の配置においても任意性が残るものの、複雑なアルゴリズムを必要とせず、比較的少ない計算時間でシフト配置が可能となる。

【0015】しかし2枚のフォトマスクによる重ね露光を行うことにより、以下に示す問題点が発生する。第1に、最も微小な線幅を必要とされるパターンにおいて、1枚目のフォトマスクでは位相反転型のコントラストの良い露光を行うのに対し、2枚目のフォトマスクは通常のフォトマスクを使用するため、全体としてはコントラストの悪い露光を行うことになり、位相反転型フォトマスクの効果が最大限に発揮されない。

【0016】第2に、合わせずれにより位相反転型のメリットが激減することになる。2枚のフォトマスクを使用するため合わせずれは必然的に存在することとなるが、この方式ではゲートパターン2近傍が2回の露光を受けるため、合わせずれによって1枚目と2枚目のフォトマスクがゲートパターン2部分でそれぞれずれた場合、コントラストの悪い2枚目の露光が結果を支配するため位相反転型フォトマスクを使用するメリットが得ら

れない。すなわち、ゲートパターン2同士のわずかなずれによってもゲートパターン2の線幅が細くなり、さらにずれが大きくなると、ゲートパターン2自体の形成が困難となる。

【0017】第3に、シフトエッジによる不要パターンは必ずゲートパターン2とつながって形成されるため完全に不要パターンを消去することが困難で、ゲートパターン2にバリの様なものが発生し、欠陥、動作不良の原因となることが予想される。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように従来のパターン形成方法として、位相反転型フォトマスクを用いたものがある。この位相反転型フォトマスクによるシフトエッジ部分での不要パターンの形成を防止すべく、パターンを形成すべきでないシフトエッジ部分での位相を徐々に変化させる方法があるが、フォトマスクの製作が複雑かつ困難であり、また係るパターンの発生には新たなパターンデータを発生させる必要があるため、複雑なアルゴリズムが必要となる。

【0019】一方、通常のフォトマスクと位相反転型フォトマスクを用いてシフトエッジ部分等での不要パターンを消去する方法では、微小な線幅を必要とされるパターンにおいて、1枚目のフォトマスクでは位相反転型のコントラストの良い露光を行うのに対し2枚目のフォトマスクは通常のフォトマスクを使用するためコントラストの悪い露光を行うことになる。また、合わせずれにより位相反転型のメリットが激減することになる。さらに、シフトエッジによる不要パターンは必ず所望パターンとつながって形成されるため、完全に不要パターンを消去することが困難である。

【0020】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、既存のパターンデータのみでコントラストの良い露光を合わせずれなく行うことを可能とするパターン形成方法を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明に係るパターン形成方法は、複数回の露光によりポジ型のレジストにパターンの転写を行うパターン形成方法において、露光すべきパターンレベルをそれ以外のパターンレベルとの論理演算をとることにより分割し、該分割された複数のパターンレベルを有する複数のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成することを特徴とする。

【0022】本発明の望ましい形態を以下に示す。

(1) パターンレベル毎の分割は、要求される寸法精度又はパターンピッチの相違に応じて行う。

【0023】また、本発明に係るパターン形成方法は、複数回の露光によりポジ型のレジストにパターンの転写を行うパターン形成方法において、露光すべき領域を要

求される寸法精度の高い第1の領域と該第1の領域よりも要求される寸法精度の低い第2の領域とに分割し、第1の領域全体と第2の領域のパターンを遮光部とする第1のフォトマスクと、第1の領域全体から第1のパターンをひいたものを透光部とし、第2の領域全体を遮光部としたフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成することを特徴とする。

【0024】本発明の望ましい形態を以下に示す。

10 (1) パターンはゲートパターンであり、寸法精度の高い第1の領域は素子領域内のゲートパターンである。

【0025】また、本発明に係るパターン形成方法は、複数回の露光によりポジ型のレジストにパターンの転写を行うパターン形成方法において、露光すべき領域をパターンピッチの大きい第1の領域と該第1の領域よりもパターンピッチの小さい第2の領域とに分割し、前記第2の領域及び前記パターンを遮光部とするパターンを有する第1のフォトマスクと、前記第1の領域及び前記パターンの形成領域を遮光部とするパターンを有する第2

20 のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光することでレジストパターンを形成することを特徴とする。

【0026】本発明の望ましい形態を以下に示す。

(1) パターンは配線パターンであり、第1の領域はメモリセル領域である。

(2) 第1又は第2のフォトマスクのマスクパターンに不要パターンの形成を防止する適正バイアス値を加える。

【0027】また、本発明に係るパターン形成方法は、複数回の露光によりポジ型のレジストにゲートパターンの転写を行うパターン形成方法において、素子領域及び前記ゲートパターンの形成領域を遮光部とするパターンを有する第1のフォトマスクと、前記素子領域を透光部とし、該透光部のうち、前記ゲートパターンの中心線を挟んで該パターンを透過する光の位相を反転させたパターンを有する第2のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光を行うことでレジストパターンを形成することを特徴とする。

【0028】また、本発明に係るパターン形成方法は、複数回の露光によりポジ型のレジストにラインパターンの転写を行うパターン形成方法において、露光すべき領域をパターンピッチの大きい第1の領域と該第1の領域よりもパターンピッチの小さい第2の領域とに分割し、前記第2の領域及び前記ラインパターンを遮光部とするパターンを有する第1のフォトマスクと、前記第1の領域を透光部とし、該透光部のうち、前記ラインパターンの中心線を挟んで該パターンを透過する光の位相を反転させたパターンを有する第2のフォトマスクを用い、それぞれに最適な露光条件で重ね露光することでレジストパターンを形成することを特徴とする。

【0029】（作用）本発明では、半導体製造装置、特に露光装置において、所望のパターンレベルを他のパターンレベルと論理演算を行うことで複数のパターンデータを発生し、これら複数のパターンデータを複数枚のフォトマスクまたは1枚のフォトマスクの別々の領域に配置し、複数回に分けて一レベルの露光を行う。

【0030】フォトマスクのパターンデータは最小線幅が必要な部分とそうでない部分、線幅が細い部分と太い部分又はパターン密度が密な部分と粗な部分等が混在している。ここで、要求される寸法精度、あるいはパターンピッチの大小等を参照し、異なるパターンレベル同士で論理演算をとることにより、パターン種毎に分割した複数のパターンデータを発生することができる。このパターン形成方法では、すべて既存のパターンデータを使用するため新規にデータを追加する必要がなく、また設計に制約が加わることはない。またパターン種毎に最適な露光条件を選択できるため、工程裕度の大きいパターン形成が可能となる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を説明する。

（第1実施形態）図1は本発明の第1実施形態に係るパターン形成方法を説明するための図であり、図1は本発明を具体的なパターンに応用した一例であり、一般的ASICやMPU等の論理型回路で頻用されるゲートパターンを形成する際の処理手法を示す。

【0032】図1（a）は本実施形態において形成すべきゲートパターンを示した図であり、露光基板にはポジ型レジストを用いた場合、すなわちパターン形成部分にレジストが残存する場合のフォトマスクパターンを示している。この場合、パターン部分が暗部となり、Cr等からなるゲートパターン2が斜線領域で示されている。また、このゲートパターン2の一部に重なるように素子領域3があり、説明の便宜のため、この素子領域3を境にして素子領域3内のゲートパターンを2a、素子領域3の外側のゲートパターンを2bとする。ゲートは素子領域3内においては素子領域3外に比較して解像度の高いパターン形成が要求される。

【0033】この図1（a）に示すゲートパターン2を形成すべく、図1（b）及び（c）に示す2枚のフォトマスクを用いる。図1（b）及び（c）は、本実施形態に係るパターン形成に用いられるフォトマスクの構成を示した図であり、微細かつ寸法精度の高いゲートパターンを形成すべく、これら2枚のフォトマスクを重ね露光することにより上記図1（a）に示すパターン1を形成する。

【0034】これら2枚のフォトマスクを製作するにあたり、形成すべきゲートパターンのレベルと、このゲートパターンのレベルとは異なる素子形成レベルとの論理演算によりパターンデータの発生を行う。具体的には、

図1（b）に示す1枚目のフォトマスクは、ゲートパターン2と素子領域3の論理演算でORをとる。すなわち、これらゲートパターン2及び素子領域3の重なり領域を遮光部とするマスクパターン4となる。一方、図1（c）に示すように2枚目のフォトマスクは、素子領域3から素子領域3及びゲートパターン2のANDをとったパターンを差し引き、さらにそのパターンを反転させる。すなわち、素子領域3からゲートパターン2をひいた領域を透光部とするマスクパターン5となる。これらの論理演算は以下に示す通りである。

【0035】1枚目…（素子領域ORゲートパターン）
2枚目…NOT（素子領域－（素子領域ANDゲートパターン））

ここではパターンデータが存在する部分がフォトマスクでCrパターンの存在する部分に対応する。1枚目のフォトマスクは通常のCr遮光膜のみのフォトマスクを使用し、2枚目のフォトマスクは位相反転型のフォトマスクとする。この論理演算方法は2枚目のフォトマスクに関して素子領域以外に光が透過する開口部は存在しないがパターン形成に関係ない部分に開口部がある場合であっても何ら差し支えない。

【0036】2枚のフォトマスクの位相シフト部7の配置方法は以下に示す通りである。すなわち、2枚目のフォトマスクを通常のCrフォトマスクで作製した後、最も微小な線幅が必要となるゲートパターン、すなわち2aを挟んで位相が反転するようなシフトパターンデータを生成する。位相シフトの配置を行う際に0°と180°の位相を配置するアルゴリズムは素子領域の端から順に0°、180°を交互に繰り返せばよい。そして、通常のCrフォトマスクの開口部に位相シフトを割り当て、位相シフト部7を形成する。図1（c）に示すように、位相反転型フォトマスクの開口部が図形として閉じているため単純にかつ矛盾なく位相シフト部7の配置を行うことができる。

【0037】この位相シフトパターンデータを用いて以下のような構成のフォトマスクの組み合わせも考えられる。すなわち、1枚目フォトマスクは上記フォトマスクと共通で図1（b）を用い、2枚目のフォトマスクとしては図1（d）に示すものを用いる。すなわち、Crパターンデータとして元のパターンデータを使用するものであり、位相シフト配置後のパターン構成となる。

【0038】上記方法により求めた配置データに基づいてシフトパターンの配置を行った後、ゲートパターンと平行な方向に片側0.2μmのパターンバイアスをシフトパターンに加える。これは従来技術に述べた2枚フォトマスクによる露光に近いが、ゲートパターン2近傍に注目すると、コントラストの良い位相反転型フォトマスクによってのみ露光されるため、従来の2枚露光のようなパターン位置ずれによるコントラスト悪化はみられない。また上述のように位相シフトの配置も単純なアルゴ

リズムで決定できる。さらに、 $0.2\mu\text{m}$ のパターンバイアスを加えることにより、シフトエッジも完全に除去することができる。

【0039】次に、図1(c)に示す位相反転型フォトマスクの製造プロセスの具体例を図2を用いて説明する。まず、石英(Qz)等の透光性を有するマスク基板21上にCr等の透光性を有しない遮光膜22を形成し、レジスト塗布、露光、現像及びエッチング等を含む通常プロセスによりパターンニングを行う(図2

(a))。そして、この遮光膜22の形成されたマスク

基板21上に電子ビーム感光性のEB型ポジレジスト23を塗布する。その後、形成したパターンに対してシフトパターンの重ね描画を電子ビーム描画装置にて行う

(図2(b))。描画したEB型ポジレジスト23に現像を施した後、RIE等のドライエッチング装置にてマスク基板21を掘り込み、掘り込み部25を形成する。この時掘り込み部25と掘り込んでいない部分との光路長の差が波長の半分になるようにすることにより、隣接する開口部を透過する露光光の位相が反転することになる。例えばマスク基板21としてQzを用いる場合、Qzを掘り込む深さは、露光波長がi線(波長=365nm)の場合、Qzと空気の屈折率の差は0.5であるため約365nmとなり、この深さで隣接する開口部を透過する露光光の波長が反転する。

【0040】このように製作された2枚のフォトマスクの使用方法を説明する。実際に半導体基板への露光を行うには露光すべき半導体基板を露光装置に入れた後アライメントを行い、まず図1(b)に示す1枚目のフォトマスクで露光を行う。その後半導体基板をステージからアンロードさせずにアライメント情報が保持されたままの状態2枚目のフォトマスクの露光を行う。またフォトマスクの交換に時間がかかるような装置においては、一定量の半導体基板をあらかじめ1枚目のフォトマスクで露光しておき、現像しないまま露光装置から取り出す。その後再び半導体基板をステージに導入してアライメントを行い、図1(c)に示す2枚目のフォトマスクで露光を行う。露光に際して1枚目のフォトマスクと2枚目のフォトマスクにいずれに位相反転型のフォトマスクを使用するかは問題にならない。また、露光するマスクの順序も問題とならない。

【0041】このように2枚フォトマスクを用いて露光を行うことにより微細なパターンが精度よく形成可能となる。特に形成すべきゲートパターンのレベルに対して異なるレベルである素子形成レベルを参照し、露光すべき領域を最小線幅が必要な部分と必要でない部分に分割し、それぞれの部分同士で論理演算を行いパターンデータを発生させるため、既存のパターンデータのみによりパターンデータを発生させることができ、パターンデータの発生のための複雑なアルゴリズムを必要としない。また、分割した領域毎に最も適した露光条件でパターン

の形成が可能となる。

【0042】また、最小線幅が必要な部分に対して最も解像力が得られる手段のうちの一つである位相反転型フォトマスクを用いることにより、通常のフォトマスクでは不可能な線幅も無理なく形成できる。また、位相シフトの周縁部は遮光部のみと接するパターンとなるため、位相シフトの配置が容易である。

【0043】なお、本実施形態で示したマスクパターン内のゲートパターン数には限定されず、2以上のゲートパターンが配置されている場合であっても同様に本発明を適用可能である。また、ゲートパターンの形成レベルと素子形成レベルとに分割してパターンデータを発生させたが、要求される寸法精度の相違により領域を分割するものであれば、ゲートパターンや素子形成レベル以外のレベルに応じてパターンデータを発生させることもできる。

【0044】(第2実施形態)図3は、本発明の第2実施形態に係るパターン形成方法を説明するための図である。本実施形態において形成すべきパターンは第1実施形態の図1(a)に示したものと同じくゲートパターン2である。

【0045】第1実施形態において位相反転型フォトマスクのパターンデータ(図1(c))には所望とするゲートパターン2a部分に遮光部が残存している。本実施形態においては、この図1(c)に示すマスクパターン5に代えて図3(a)に示すマスクパターン31を用いる。図3(a)に示すように、ゲートパターン2a部分は遮光部ではなく、開口部が連続した構成となっている。この開口部は、通常の開口部32と、開口部32に対して位相を反転させた位相シフト部33からなる。開口部32と位相シフト部33の境界線は、形成すべきゲートパターン2aの中心線に一致する。この場合、この境界線上では位相が遮光部を挟まずに反転するため、光強度が0となるラインとなり、シフトエッジが生じる。このシフトエッジを半導体基板に露光した場合、半導体基板上の対応する部位では塗布したポジレジストが可溶化されないため、ライン状のレジストパターンが形成される。従って、遮光部を用いることなくシフトエッジのみによるゲートパターン2aの転写が可能となる。シフトエッジによるパターン転写は、形成可能なパターンのうち最も微細なパターンを形成できる可能性があるため、より微細なパターン形成には必要不可欠の方法である。

【0046】次に、このパターン形成に用いられるフォトマスクの製作について説明する。1枚目の通常フォトマスクの製作は第1実施形態と同じである。2枚目の位相反転型フォトマスクの配置は単純に素子領域と同一にしても良いがこれではシフト配置が難しくなる。

【0047】最も単純にパターンデータを発生させる方法を以下に示す。まず、第1実施形態と同様の方法で位

相シフト配置までを行う。その後、パターンデータからゲート部分のみを除去し(図3(b))、シフトパターンデータに対し位相反転するシフトパターンの境界がちょうどゲートパターンの中心部にくるようにシフトパターンを拡大する(図3(a))。以降の位相反転型フォトマスクの製作プロセスは第1実施形態と共通するので省略する。

【0048】このように、遮光部を用いずにシフトエッジのみによりゲートパターン2aを転写するため、より微小な線幅のラインパターンの形成が可能となる。すな

わち、現在最も微小な線幅を形成する手段であるシフトエッジ法を位相反転型フォトマスクに採用することでさらに高速にかつ高集積な半導体装置を製造することができる。

【0049】(第3実施形態)図4は、本発明の第3実施形態に係るパターン形成方法を説明するための図であり、本発明をDRAM等の半導体装置に適用した例を示す。図4(a)は代表的なDRAMの配線レベルの形成パターンの一例で、メモリセル形成部分とこのメモリセルの周辺回路部分の境界付近を示している。この境界付近では、パターンの密度が密で線幅の細い部分と、パターンの密度が粗で線幅の太い部分とが混在する。メモリセルを形成すべき領域においては、高集積化等の要求から周辺回路部分に比較して一般に密なパターンが形成される。従って、密なパターン部分は主としてメモリセルが形成される領域に対応し、パターンピッチが0.70 μm 、線幅が0.35 μm 、粗なパターン部分はパターンピッチが1.4 μm 、線幅が0.40 μm になっている。

【0050】このような露光レベルでは、それぞれのパターンのパターン密度での最適な露光量及び照明条件などの露光条件が異なり、1回の露光で精度の高いパターンを形成するのは困難である。例えばi線露光装置を用いてこの配線レベルを露光するには、密な部分では最適露光量が48 mJ/cm^2 、これに対して粗な部分では35 mJ/cm^2 となる。また最適な照明条件は密な部分が輪帯照明なのに対し、粗な部分では通常照明となる。

【0051】本実施形態では、重ね露光を行うべき2枚のフォトマスクを製作するにあたり、メモリセル形成レベルと配線レベルとの論理演算によりパターンデータの発生を行う。すなわち、メモリセル領域の外形を指定する領域と配線パターンの論理演算を行う。具体的には、まず図4(a)に示す形成パターン41をメモリセル形成領域42と周辺回路形成領域43とに分割する。この分割は、それぞれのパターンピッチの変わる位置をそれぞれの領域42、43の境界線とすることで行う。従って、メモリセル形成領域42のパターンピッチは0.7 μm 、周辺回路形成領域43のパターンピッチは1.4 μm となる。

【0052】そして、このように分割された2つの領域42、43について論理演算を行う。具体的には、配線レベルのパターンデータを密な部分と粗な部分とに分けたパターンデータを発生する。すなわち、パターンピッチが大きい周辺回路形成領域43のみの配線パターン44を分担するパターンデータと、パターンピッチが小さいメモリセル領域42のみの配線パターン45を分担するパターンデータとを発生する。その結果、粗な部分はメモリセル形成領域42と配線パターン44の論理演算ORをとったもの、密な部分はメモリセル形成領域42からメモリセル形成領域42と配線パターン45とのANDをとったパターンを差し引いたものをさらに反転させたものである。分かりやすく書き下すと以下のようになる。

【0053】粗 (メモリセル領域OR配線パターン)
密 NOT {メモリセル領域 - (メモリセル領域AND配線パターン)}

図4(b)及び図4(c)が図4(a)の配線レベルのデータから上記方法により発生したパターンデータの結果で、図4(b)が粗な部分を図4(c)が密な部分を示す。図4(b)及び(c)に示すように、粗な部分と密な部分を有する形成パターン41はそれぞれのピッチ毎に分割され、1回の露光により形成されるパターンはそのピッチ及び形成幅に最適な露光条件を設定できる。

【0054】それぞれのパターンデータによりフォトマスクを製作し、それぞれパターンに合った最適な露光条件を用いて第1実施形態に準じた方法で露光を行ったところ、高解像度のパターンが安定して得られた。

【0055】また、密なパターンを示す図4(c)のマスクパターン47に対しては、位相反転型フォトマスクの適用が可能である。このマスクパターン47において、パターン開口部はそれぞれ図形として閉じているため、第1実施形態と同じく単純にかつ矛盾なく位相シフトパターンの配置ができる。具体的には、複数本並んだ透光部の1本おきに位相シフト部48を設ける。これにより、隣接する透光部毎に交互に位相が互いに反転する構成となる。なお、位相反転型マスクを用いた露光は $\sigma = 0.3$ と通常照明よりも小さな σ で露光を行い、さらに焦点深度の高い露光を行うことができる。

【0056】このように、形成すべき配線レベルに対して異なるレベルであるメモリセル形成レベルを参照し、露光すべき領域をパターンピッチの小さいパターンとパターンピッチの大きいパターンに分割し、それぞれのパターン同士でパターンデータを発生することで、既存のパターンデータのみによりパターンデータの発生が可能であり、複雑なアルゴリズムを必要としない。また、分割した領域毎に最適な露光条件で別々に露光することが可能となり、工程裕度の大きいパターン形成が可能となる。また、パターンピッチ及び線幅の小さいメモリセル形成領域42のパターン形成に際して位相反転型フォト

マスクを用いることにより、形成可能な線幅がより細くなり、メモリセルの集積度をあげることができる。

【0057】(第4実施形態)図5は本発明の第4実施形態に係るパターン形成方法を説明するための図である。本実施形態では、一レベルの露光を行うのに複数のフォトマスクを使うことによって微細なパターンを精度良く形成するために用いられるものであり、上記第1～第3実施形態に示すマスクパターンに以下に示す第1及び第2のバイアスを与える。なお、本実施形態では第1実施形態に示すマスクパターン4、5を用いて説明する。

【0058】図5(a)は、第1実施形態における図1(b)に示すマスクパターン4に第1のバイアスを与えたマスクパターンを示す図である。破線が図1(b)のバイアスを与える前のマスクパターン52を、実線がフォトマスクバイアスを与えたバイアスパターン53を示す。図5(a)に示すように、まずフォトマスクの解像度の違いによる不要パターンの形成を回避するため、解像度の低い通常フォトマスクでゲートパターン2b部分に限り正のフォトマスクバイアスを加える。

【0059】すなわち、第1実施形態に沿ってフォトマスクバイアスを与えずに露光を行う場合、両フォトマスク間の解像度の違いによるパターン不良が生ずる可能性がある。例えば図1(b)のように通常フォトマスクの担当分とされたパターンデータには、ゲートとして動作しないゲートパターン2bが残る。このゲートパターン2bの線幅は図1(c)における解像度の高い位相反転型フォトマスクの最小線幅と等しいため、通常フォトマスクの露光ではパターン形成が完全に行われない可能性がある。

【0060】これらパターン不良は、上記第1のバイアスを与えることにより解決できる。すなわち、通常フォトマスクで作成すべき最小パターン寸法が大きくなるため、フォトマスク解像度の違いが問題にならない。具体的には、i線を用いた露光でゲート線幅が $0.25\mu\text{m}$ のパターンを形成する場合、通常フォトマスクにおけるゲートとして動作しないゲートパターン部分2bには $0.05\mu\text{m}$ のフォトマスクバイアスを加えて $0.30\mu\text{m}$ のパターンにすることで、合わせるべき寸法がゲート幅方向に $0.25\mu\text{m}$ から $0.30\mu\text{m}$ へと太くなるため、横ずれに対するパターン断線の可能性が大幅に減少し、問題無くパターン形成できるようになる。

【0061】また、図5(b)は第1実施形態における図1(c)に示すマスクパターンに第2のバイアスをかけたマスクパターンを示す図である。破線が図1(c)のバイアスを与える前のマスクパターン55を、実線がフォトマスクバイアスを与えたバイアスパターン56を示す。

【0062】第1実施形態に沿ってフォトマスクバイアスを与えずに露光を行う場合、フォトマスク間でパター

ン位置がずれることによって不良が発生する可能性がある。図1(b)に示す通常フォトマスクに対し図1

(c)の位相反転型フォトマスクが縦方向あるいは横方向にずれた場合、素子領域3の周縁部では不要パターンが形成される場合がある。本来ならばいずれかのフォトマスクの透光部に対応するためにパターンが除去される部分がずれることにより、両フォトマスクともに遮光部に対応することとなるためである。

【0063】これらパターン不良は、上記第2のバイアスを与えることにより解決できる。すなわち、位相反転型フォトマスクで作成すべきパターンが広がるため、パターンの位置ずれによる不要パターンの形成を回避できる。

【0064】具体的には位相反転型フォトマスクのパターンデータ発生の際 $0.05\mu\text{m}$ の正のバイアスを与える。これにより、パターン位置が横方向あるいは縦方向に $0.05\mu\text{m}$ ずれた場合であっても、マスクパターン51とマスクパターン54のいずれかにより露光されるため、フォトマスク位置ずれによる不要パターンは形成されない。

【0065】以上説明したように、第1実施形態に示したフォトマスクでは、2枚のフォトマスクの相対位置ずれによりパターンの断線、あるいは不要パターンが形成される可能性があるが、本実施形態によれば、上記第1及び第2のフォトマスクバイアスを与えることにより、フォトマスク間で限界解像度が異なり、またフォトマスク間でパターンの位置がずれた場合であっても、不要パターンの形成を回避し、必要なパターンが形成されないのを防止することができる。

【0066】なお、本実施形態においては2枚目のフォトマスクに正のバイアスをかける場合を示したが、通常フォトマスクのマスクパターン51のパターンデータを発生させる際、素子領域の部分であらかじめ小さくする負のバイアスを与えておくことにより同じ効果を奏する。また、第1実施形態に示すマスクパターンにバイアスを与える場合のみならず、同様のバイアスを発生させることにより、第2、第3実施形態に示すマスクパターンにバイアスを与えても同じ効果を奏する。

【0067】また、上記第1～第4実施形態においては、最小線幅の不必要、パターン密度の粗密に応じてあるパターンレベルと他のパターンレベルのデータを分割する場合を示したが、例えば線幅が細い部分と太い部分等、他の基準を用いて分割するものであっても本発明を適用可能である。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、フォトマスクのパターンデータはあるレベルにおいて、最小線幅が必要な部分とそうでない部分、線幅が細い部分と太い部分またはパターン密度が密な部分と粗な部分などが混在している。しかしあるレベルとは他のレベルを

参照し、これら両レベルの論理演算をとることで、これらの部分のパターンデータ種毎のパターンデータを発生することができる。この方法で使用するのはすべて既存のパターンデータであるため新規にデータを追加する必要がなく、設計に制約が加わることはない。またパターン種毎に最適な露光条件を選択できるため、工程裕度の大きいパターン形成が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るパターン形成に用いられるフォトマスクのパターンを示す図。

【図2】同実施形態におけるフォトマスクの製造工程を示す図。

【図3】本発明の第2実施形態に係るパターン形成に用いられるフォトマスクのパターンを示す図。

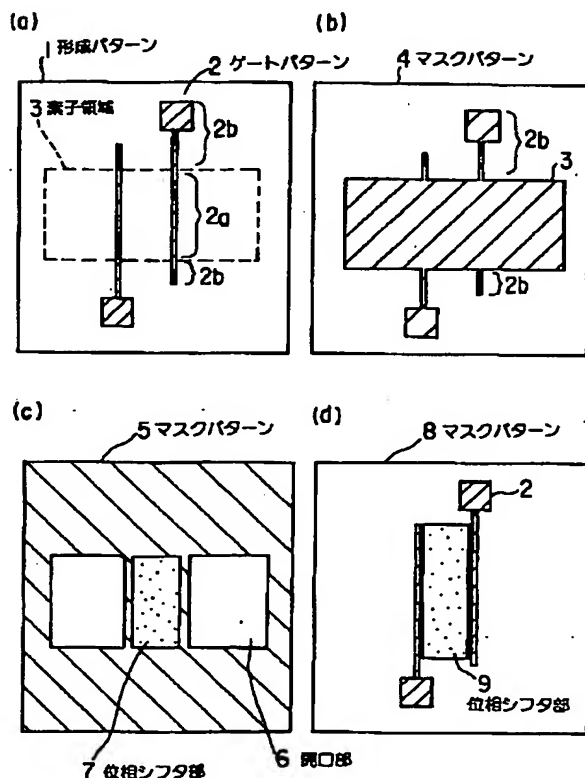
【図4】本発明の第3実施形態に係るパターン形成に用いられるフォトマスクのパターンを示す図。

【図5】本発明の第4実施形態に係るパターン形成に用いられるフォトマスクのパターンを示す図。

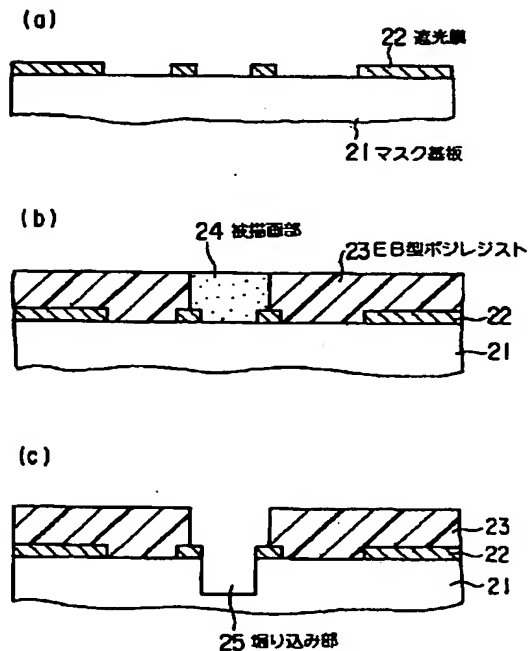
【図6】従来のC_rフォトマスクを用いたマスクパターンを示す図。

【図7】従来の位相反転型フォトマスクのマスクパター

【図1】



【図2】



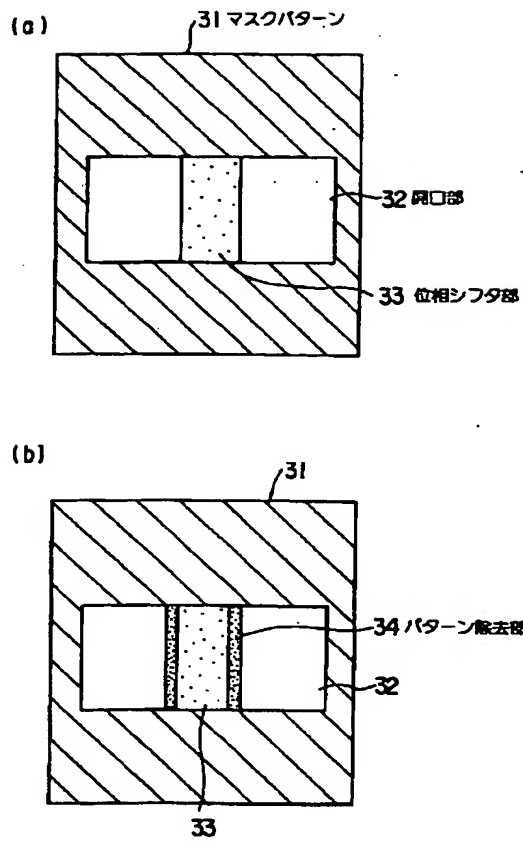
ンを示す図。

【図8】従来の2枚のフォトマスクを用いた露光に用いられるフォトマスクのマスクパターンを示す図。

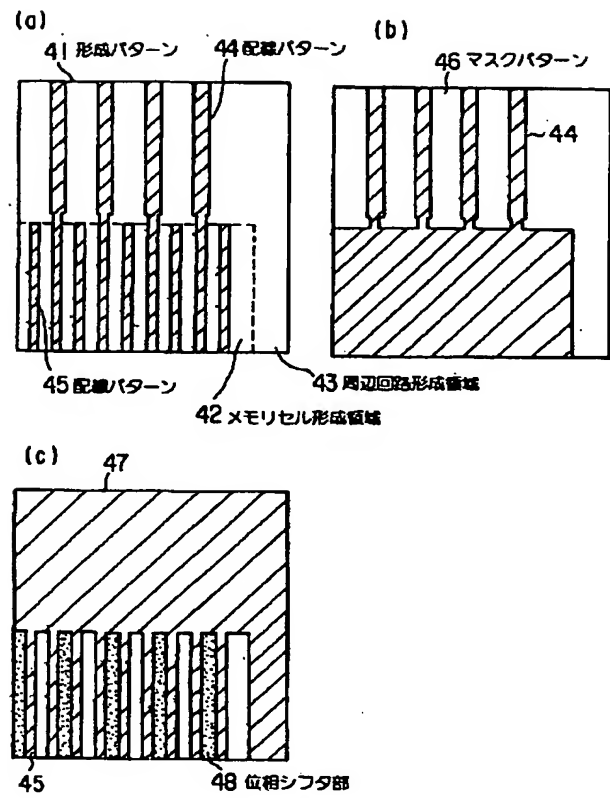
【符号の説明】

- 1, 41 形成パターン
- 2 ゲートパターン
- 3 素子領域
- 4, 5, 8, 31, 34, 46, 47, 51, 52, 5
- 4 マスクパターン
- 6, 32 開口部
- 7, 9, 33, 48 位相シフト部
- 21 マスク基板
- 22 遮光膜
- 23 EB型ポジレジスト
- 24 被描画部
- 25 掘り込み部
- 34 パターン除去部
- 42 メモリセル形成領域
- 43 周辺回路形成領域
- 44, 45 配線パターン
- 53, 56 バイアスパターン

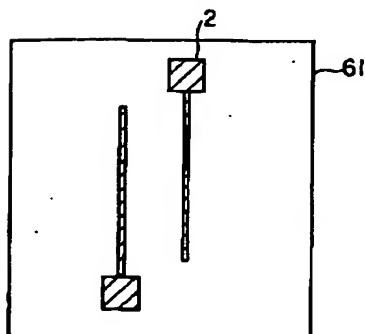
【図 3】



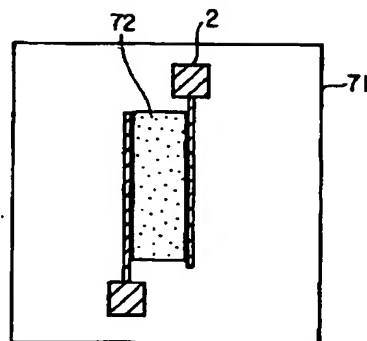
【図 4】



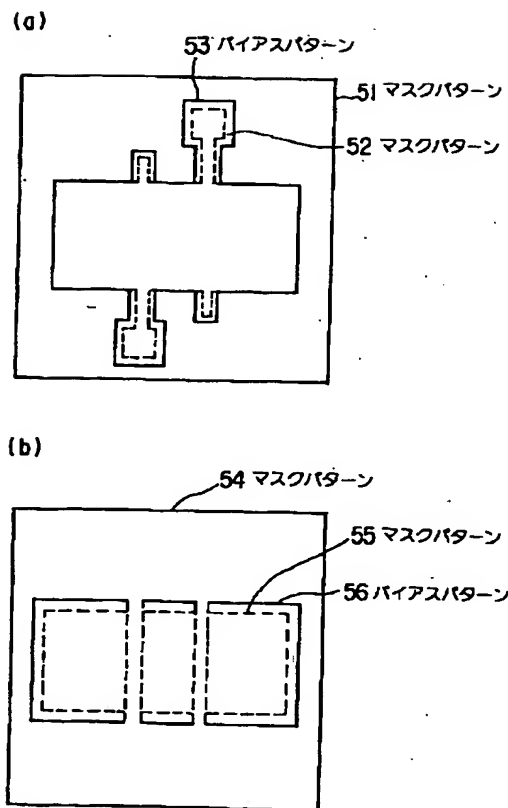
【図 6】



【図 7】



【図 5】



【図 8】

